

L'EAU EN MILIEU AGRICOLE

Outils et méthodes pour une gestion intégrée et territoriale

D. Leenhardt, M. Voltz et O. Barreteau, coord.



Chapitre 15

Gestion du ruissellement érosif en Pays de Caux

VÉRONIQUE SOUCHÈRE, LAURENT MILLAIR, JAVIER ECHEVERRIA,
FRANÇOIS BOUSQUET, CHRISTOPHE LE PAGE ET MICHEL ÉTIENNE

» Contexte

Depuis une trentaine d'années, les régions limoneuses de Haute-Normandie connaissent une recrudescence des phénomènes érosifs. En Seine-Maritime et plus particulièrement dans le Pays de Caux, le ruissellement érosif est à l'origine de graves problèmes touchant de nombreuses personnes et collectivités : agriculteurs (ravines, recouvrements de cultures), communes (coulées boueuses et routes coupées), propriétaires privés (maisons inondées), gestionnaires de l'eau (turbidité de l'eau potable).

Après une phase de traitement curatif du problème par la construction de bassins de rétention, il est apparu nécessaire d'y associer un volet préventif. Il visait à réduire le ruissellement boueux en provenance du territoire agricole. En effet, différentes études ont montré que les pratiques agricoles influencent fortement la structure hydrographique des bassins versants cultivés en :

- fixant le type et la date des travaux agricoles (effet des systèmes de culture sur l'évolution au cours du temps de l'aptitude à ruisseler) ;
- effectuant un travail du sol orienté selon la pente (pouvant guider le ruissellement diffus) ;
- imprimant à la surface du sol un réseau de traces de roue (Monnier *et al.*, 1986 ; Papy et Boiffin, 1988 ; Auzet *et al.*, 1990 ; Ludwig *et al.*, 1995 ; Souchère *et al.*, 1998).

Cependant, du fait que l'eau qui circule sur un versant ignore les limites des parcelles et des exploitations, les actions à entreprendre – telles que la réorganisation spatiale des cultures, la réintroduction de prairies au sein des bassins versants et donc des exploitations agricoles, la modification des pratiques agricoles et/ou l'implantation de petits aménagements hydrauliques – nécessitent une coopération entre agriculteurs. Or, le contexte économique conduit ces agriculteurs à adopter des logiques productives et individuelles. Productives, ces logiques conduisent à ne prendre les dégâts en considération que dans la mesure où ils affectent la production. Individuelles, elles se traduisent par une gestion de l'espace, limitée au

territoire de l'exploitation, et donc sans tenir compte de la continuité des phénomènes physiques en jeu. Imaginer un aménagement collectif de l'espace est donc un véritable défi. En effet, ce management environnemental, commandé en quelque sorte par les processus naturels à maîtriser, ne laisse pas aux acteurs la liberté du choix des personnes avec qui il faudra coopérer.

► Démarche suivie et justification

Pour initier une gestion collective du ruissellement érosif, il nous a semblé indispensable de permettre aux acteurs locaux de découvrir et de partager leurs points de vue afin de faciliter la coordination et les mécanismes de négociation entre eux. Le défi consistait à fournir aux acteurs locaux des outils pour les aider à comprendre les conséquences collectives de leurs décisions individuelles et à entamer un processus de négociation pour aller vers une gestion intégrée du bassin versant.

Début 2006, nous avons donc proposé aux acteurs locaux de mettre en place une démarche de modélisation d'accompagnement (COMMOD). Le groupe des acteurs locaux comprenait un conseiller en érosion de la Chambre d'agriculture, le directeur de l'Association de recherche sur le ruissellement, l'érosion et l'aménagement du sol (AREAS), deux animateurs de syndicats de bassin versant, des agriculteurs, des élus, un chargé de mission de l'agence de l'eau Seine-Normandie.

Cette démarche vise à produire des connaissances dans le cadre d'une interaction entre des chercheurs et des acteurs, et à accompagner les processus collectifs de décision en matière de gestion durable des territoires (Étienne, 2010). L'objectif était de tenter, avec l'aide des outils proposés par cette démarche (systèmes multi-agents et jeu de rôles), de tester les possibilités d'une mise en place concertée d'actions socialement, économiquement et écologiquement acceptables pour limiter le ruissellement à différentes échelles d'investigation (exploitations agricoles et bassin versant). Lors d'un premier atelier de sensibilisation des acteurs locaux à la démarche COMMOD, ceux-ci ont collectivement fait émerger la question à traiter :

« Comment engager une gestion concertée du problème de ruissellement érosif au sein d'un territoire agricole à partir d'une réflexion sur les pratiques culturelles et les aménagements ? ».

Les acteurs locaux ont également souhaité que le jeu de rôles développé intègre non seulement les enjeux environnementaux liés à l'érosion, mais aussi les enjeux productifs, notamment pour les exploitations agricoles.

► Outils, données et méthodes

Les 18 acteurs impliqués dans cette démarche ont choisi de bâtir le jeu de rôles sur un jeu de données fictives, mais néanmoins caractéristiques des bassins versants du Pays de Caux. L'objectif était d'avoir un jeu potentiellement utilisable dans n'importe quel secteur de Seine-Maritime. Cinq sessions de jeu impliquant huit joueurs à chaque fois ont été organisées dans cinq syndicats de bassin versant sur les 22 existants. Le jeu a donc été utilisé avec 40 acteurs locaux.

Tableau 15.1. Outils, données et méthodes du jeu de rôles en Pays de Caux.

Outil et référence	Description succincte
Plateforme CORMAS Référence : Bousquet <i>et al.</i> , 1998 http://cormas.cirad.fr/index.htm	CORMAS (Common-pool resources and multi-agent systems) est une plateforme de simulation basée sur l'environnement de programmation VisualWorks qui permet de développer des applications en utilisant le langage de programmation orienté-objet SmallTalk. Cette plateforme est dédiée au développement de systèmes multi-agents pour la gestion des ressources renouvelables.
Modèle STREAM Référence : Cerdan <i>et al.</i> , 2002	<p>STREAM est un modèle distribué défini à l'échelle de l'événement pluvieux qui permet de quantifier le ruissellement (de type Hortonien) et l'érosion sur les sols limoneux, en intégrant l'effet des pratiques agricoles et des motifs agraires dans le fonctionnement hydrologique d'un territoire. Les résultats des simulations permettent de visualiser aisément les zones où se produisent ces phénomènes, puisque le modèle a été intégré dans un système d'information géographique (sous l'interface ArcGis).</p> <p>L'architecture du modèle STREAM est composée de quatre modules : trois modules pour représenter la fonction de production (ruissellement, érosion diffuse et érosion linéaire) et un pour représenter la fonction de transfert (écoulement ou réseau de circulation). Son fonctionnement nécessite de disposer, pour l'ensemble du bassin versant étudié, d'informations topographiques (intensité et orientation des pentes), sur le parcellaire (forme, taille, occupation et direction du travail du sol des parcelles) et sur l'état de surface du sol. Cet état dépend du faciès, de la rugosité et du couvert végétal de chaque parcelle. Ces informations sont utilisées par STREAM pour calculer la capacité d'infiltration de chaque parcelle agricole.</p> <p>STREAM a été paramétré en s'appuyant sur les résultats de nombreux travaux expérimentaux menés en Haute-Normandie depuis la fin des années 1980. Pour l'utiliser dans un autre contexte limoneux, il faut calibrer et valider localement les paramètres et les règles de la fonction de production, notamment ceux qui intègrent des paramètres climatiques.</p>
Données	
Topographie	Les données sur les pentes ont été obtenues à partir d'une carte topographique de l'IGN d'un secteur proche de la commune de Bourville (76 740) mobilisé comme terrain d'expérimentation dans plusieurs programmes de recherche de l'Inra depuis 1997.
États de surface référence : (Joannon, 2004)	<p>Les sols de l'ensemble des parcelles du bassin versant fictif ont été considérés comme des sols limoneux battants. Le choix a été fait de calculer les risques de ruissellement érosif durant les deux périodes à risque dans la région, quand la croûte de battance est généralisée sur les parcelles :</p> <ul style="list-style-type: none"> – la première période est celle du mois de décembre, période à laquelle tous les travaux du sol et semis d'automne sont déjà effectués. Les cumuls de pluie y sont importants; – la deuxième période à risque est le mois de mai durant lequel tous les semis de printemps sont terminés. Les risques d'orage sont importants alors que les cultures ne couvrent pas encore efficacement le sol, notamment les cultures sarclées (maïs et betterave).

Tableau 15.1. Outils, données et méthodes du jeu de rôles en Pays de Caux. (*suite*)

Données	
États de surface référence : (Joannon, 2004)	Normalement, STREAM est conçu pour fonctionner à partir d'observations de terrain qui permettent d'obtenir des informations qualitatives sur l'état de dégradation des sols et de calculer la capacité d'infiltration des sols. Dans ce projet, pour obtenir cette information aux deux périodes retenues (décembre et mai) sans aucun suivi de terrain, nous avons utilisé des grilles de correspondance entre l'occupation du sol et les états de surface construites à partir de l'analyse d'une base de données. Cette base comprend 4255 relevés d'états de surface sur des parcelles du Pays de Caux observées plusieurs fois par l'Inra entre 1992 et 2000. L'expertise des participants a été également mobilisée, notamment pour estimer les capacités d'infiltration des sols sur des parcelles où des itinéraires techniques moins ruisselants pouvaient être appliqués.
Données météorologiques	Les informations (durée de l'épisode pluvieux, quantité de pluie de l'événement et des 48 heures précédant l'événement simulé) sur les événements pluvieux standards et catastrophiques utilisés sont issues des suivis réalisés lors d'expérimentations conduites en Seine-Maritime par l'Association de recherche sur le ruissellement, l'érosion et l'aménagement du sol, la chambre d'agriculture et l'Inra.
Systèmes de production et pratiques agricoles	Nous avons mobilisé les cas types de Haute-Normandie (issus des études des chambres d'agriculture et de l'institut de l'Élevage) pour identifier les types d'exploitations agricoles les plus représentées et leurs caractéristiques principales : surface agricole utile moyenne, assolement type (cultures et surface moyenne), les types d'animaux et les besoins des élevages (surface en herbe, etc.). Le paramétrage du revenu des exploitations a été effectué en mobilisant des données issues d'un centre de gestion.
Méthodes	
ARDI (Acteurs, ressources, dynamiques et interactions) Référence : Étienne <i>et al.</i> , 2011	Coconstruction d'un modèle conceptuel avec un panel d'une quinzaine d'acteurs pour identifier les principaux acteurs, ressources, dynamiques et interactions participant à la gestion du problème du ruissellement érosif au sein d'un bassin versant. Les éléments issus des deux jours d'ateliers de 2006 ont servi à élaborer les bases du jeu de rôles CAUXOPÉRATION.
Jeu de rôles Référence : Souchère <i>et al.</i> , 2010	Coconstruction du jeu de rôles CAUXOPÉRATION avec un panel d'une quinzaine d'acteurs et implémentation dans la plateforme CORMAS. Après 4 ateliers participatifs en 2007, de nombreuses heures de codage et un test en conditions réelles, nous avons obtenu une version jouable du jeu de rôles. Le jeu de rôles repose sur une représentation spatiale réaliste mais fictive d'un bassin versant constituée d'un ensemble de parcelles agricoles et d'infrastructures routières ou urbaines d'une superficie de 760 ha. La rasterisation de cet espace sous la forme d'une grille spatiale basée sur un pixel de 100 m ² permet de visualiser les différents types d'occupations agricoles qu'il est possible de rencontrer au cours d'une campagne culturale classique (forêt, sols artificialisés, cultures, chantiers de récolte, sols travaillés et prairies). Une partie de jeu se déroule sur 4 années. Les agriculteurs de types différents (patatier, engraisseur, naisseur, laitier et betteravier) choisissent leur assolement annuel. Les décisions d'utilisation du sol et de pratiques prises par les agents sont intégrées dans le modèle.

Méthodes

Jeu de rôles (suite)	Ce modèle calcule l'effet des décisions des joueurs sur leurs gains et sur la production de ruissellement émise en tout point du bassin versant. Le maire du village est ainsi informé des flux d'eaux boueuses (cartes de concentration) et du mécontentement de ses administrés (dépendant du degré d'inondation dans le village et sur la route). L'animateur de syndicat de bassin versant doit conseiller les joueurs sur les actions de lutte à mener contre le ruissellement érosif en les incitant à modifier leurs pratiques agricoles (réorganisation spatiale des cultures, implantation de cultures intermédiaires ou travail du sol en période d'interculture) et en les incitant à accepter l'implantation d'aménagements antiérosifs (bande enherbée ou bassin de rétention) partiellement financés.
Session de jeu	Mise en situation d'agriculteurs, d'élus et d'animateurs de syndicats de bassins versants afin de les aider à envisager ensemble des scénarios possibles de gestion collective du ruissellement érosif au sein d'un bassin versant fictif, mais proche de leur réalité. Entre 2007 et 2010, 5 sessions ont été organisées dans 5 syndicats de bassin versant différents avec des acteurs (élus et agriculteurs) issus de mêmes communes.

► Résultats bruts

Représentation des connaissances

À l'exception des animateurs des syndicats de bassins versants, tous les joueurs s'attendaient à assister à une réunion normale pour discuter des problèmes de ruissellement récurrents dans leur secteur. Au début de la session de jeu, ils étaient donc très surpris, mais ils ont accepté sans problème de jouer. Tous les joueurs ont convenu que les paramètres de jeu représentaient bien la situation réelle. L'environnement simulé dans le jeu et notamment les résultats de ruissellement fournis par le modèle biophysique, les types d'exploitations agricoles, leurs rôles et leurs actions, ainsi que les impacts des solutions mises en œuvre ont été entièrement acceptés par les joueurs. Les animateurs des syndicats de bassins versants ont noté le réalisme du jeu. En effet, le jeu reproduit avec précision l'urgence à laquelle les animateurs sont parfois confrontés dans leur travail et leur incapacité à contrôler complètement la situation.

Impacts des négociations

Pour mesurer plus facilement l'impact des stratégies des joueurs en matière de ruissellement, des sessions de jeux théoriques ont été imaginées :

- (1) le premier jeu théorique correspond à une simulation sans aucune gestion des ruissellements. Le choix et la localisation des cultures ont été faits en maximisant le risque de ruissellement ;
- (2) le deuxième jeu théorique correspond à une simulation avec une gestion optimale du ruissellement par tous les joueurs *via* un changement de pratiques agricoles généralisé sur l'ensemble du territoire et la mise en place d'aménagements (bandes enherbées, bassin de rétention) jusqu'à l'utilisation complète des budgets de financement.

Les différentes sessions de jeu ont permis de «vivre» différentes stratégies de gestion des ruissellements. À titre indicatif, les joueurs sont parvenus à diminuer la quantité totale d'eau ruisselée de 28 à 67% suivant les années et les sessions, par rapport à la situation théorique où aucune stratégie n'aurait été mise en place (Souchère *et al.*, 2010).

Les principales techniques utilisées pour la gestion des ruissellements ont été les bassins de rétention localisés en amont du village et de la route, les bandes enherbées, les cultures intermédiaires plutôt que le travail du sol et le déplacement de quelques herbages pour remettre de l'herbe sur le talweg principal. Les animateurs des syndicats de bassins versants n'ont pas beaucoup encouragé les agriculteurs à utiliser des pratiques agricoles alternatives (semis plus grossiers, éviter le roulage des semis, désherbage mécanique, etc.) pour détruire ou retarder la formation d'une croûte de battance qui entraîne la réduction de la capacité d'infiltration des sols limoneux. Ils ont l'impression que ces solutions sont moins efficaces qu'un bassin de rétention ou une bande enherbée. En effet, pour améliorer l'efficacité des pratiques alternatives, il est nécessaire qu'une majorité d'agriculteurs les mette en œuvre de façon simultanée. C'est pour cela qu'aucune session de jeu n'a permis d'atteindre les réductions de ruissellement de la simulation théorique avec une gestion optimale du ruissellement. Le jeu a permis à chacun – agriculteurs, élu et animateur de bassin – de prendre conscience de ses propres façons de fonctionner, de s'interroger sur ses pratiques, ses possibilités et ses limites.

► Retour sur la démarche d'ensemble

Le but de cette étude était d'utiliser un modèle évolutif comme support de discussions entre les parties prenantes sur le système à gérer et pour explorer de futurs scénarios possibles. Les résultats de la mise en œuvre de cette démarche de modélisation d'accompagnement ont montré que la modélisation et la simulation peuvent être très utiles pour accompagner un processus d'apprentissage collectif. Le jeu de rôles a sensibilisé les participants à prendre leurs responsabilités et les a encouragés à engager des négociations entre eux pour améliorer la gestion du ruissellement. Cette nouvelle façon de travailler a été bien accueillie par tous les participants, agriculteurs et maires inclus.

Au cours des dernières décennies, les chercheurs ont contribué à améliorer la compréhension des processus d'érosion des sols à différentes échelles (de la parcelle au bassin versant) et des impacts associés. Cependant, la transformation des résultats scientifiques en innovation, ainsi que l'optimisation de la gestion des territoires sont encore très limitées. Une des raisons de l'absence d'application tient peut-être au fait que la conservation des sols a trop souvent été comprise comme un problème technique, en ignorant les aspects économiques, environnementaux, politiques et sociaux. La démarche ComMod, qui combine expertise scientifique, intérêt politique et expérience pratique, semble être un moyen approprié de développer des stratégies de protection des sols mieux adaptées à une mise en œuvre pratique. Cependant, il reste à démontrer qu'une telle approche permet d'initier une gestion collective des territoires dans le monde réel, qui soit plus efficace que la gestion actuelle.

► Références bibliographiques

- Auzet A.V., Boiffin J., Papy F., Maucorp J., Ouvry J.F., 1990. An approach to the assessment of erosion forms and erosion risk on agricultural land in the Northern Paris basin, France. *In*: Boardman J., Foster D.L., Dearing J.A., (eds). *Soil erosion on agricultural land*. Chichester: John Wiley & Sons, 383-400.
- Bousquet F., Bakam I., Proton H., Le Page C., 1998. Cormas: common-pool resources and multi-agent systems. *Lecture notes in artificial intelligence*, 1416: 826-838.
- Cerdan O., Souchère V., Lecomte V., Couturier, A., Le Bissonnais Y., 2002. Incorporating soil surface crusting processes in an expert-based runoff model: sealing and transfer by runoff and erosion related to agricultural management. *Catena*, 46: 189-205.
- Étienne M., (ed.), 2010. *La modélisation d'accompagnement. Une démarche participative en appui au développement durable*. Versailles : Éditions Quæ, 384 p.
- Étienne M., Du Toit D., Pollard S., 2011. Ardi: a co-construction method for participatory modeling in natural resources management. *Ecology and society*, 16(1).
www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art44/.
- Joannon A., 2004. Coordination spatiale des systèmes de culture pour la maîtrise de processus écologiques - Cas du ruissellement érosif dans les bassins versants agricoles du Pays de Caux, Haute-Normandie. Thèse de doctorat, INAPG. Paris : INAPG, 230 p.
- Ludwig B., Boiffin J., Chadoeuf J., Auzet A.V., 1995. Hydrological structure and erosion damage caused by concentrated flow in cultivated catchments. *Catena*, 25 (1-4), 227-252.
- Monnier G., Boiffin J., Papy F., 1986. Réflexions sur l'érosion hydrique en conditions climatiques et topographiques modérées : cas des systèmes de grande culture de l'Europe de l'Ouest. *Cahiers Orstom, série Pédologie*, 22(2) : 123-131.
- Papy F., Boiffin J., 1988. Influence des systèmes de culture sur les risques d'érosion par ruissellement concentré. II. Évaluation des possibilités de maîtrise du phénomène dans les exploitations agricoles. *Agronomie*, 8(9) : 745-756.
- Souchère V., Millair L., Echeverria J., Bousquet F., Le Page C., Etienne M., 2010. Co-constructing with stakeholders a role-playing game to initiate collective management of erosive runoff risks at the watershed scale. *Environmental modelling and software*, 25(11): 1359-1370.
- Souchère V., King D., Daroussin J., Papy F., Capillon A., 1998. Effect of tillage on runoff direction: consequences on runoff contributing area within agricultural catchments. *Journal of hydrology*, 206: 256-267.